

东南大学 考试卷

2004-2005 学年 “ 电机学 ” (A)

考试形式	闭卷	满分	100	考试时间	120	分钟	共	4	页
姓 名		学号			得分				

一、 填空题 (30 分 , 每空 1 分)

- 1 . 转差率试验测得的同步电机交直轴同步电抗为 不饱和 值。同步电机的保梯电抗可以从空载曲线和 零功率因数曲线 求得。
- 2 . 同步发电机短路时,电机铁心中磁场处于 不饱和 状态,所以短路特性近似地为一 条直线。
- 3 . 同步发电机短路比大,其同步电抗 小, 造价 高。
- 4 . 调节同步发电机有功功率时,电机的无功功率 也要变化。
- 5 . 同步发电机稳态两相短路试验可以测量电机 零序 电抗,其短路电流一般比三 相稳态短路电流 大。
- 6 . 没有阻尼绕组的同步发电机发生三相突然短路时,短路初始定子短路电流受到 瞬态 电抗的限制,当 瞬态 分量衰减完毕后短路电流进入稳态短 路状态。
- 7 . 异步电机转子结构有鼠笼式和 线绕式 式两种。利用变比为 K_A 的自耦变压器对 鼠笼异步电机进行降压起动时,电网提供的电流与电机直接起动时的电流之比为 $1/k_A^2$ 。异步电机变频调速时, 定子电压 与定子电流频率之比应保持不变。
- 8 . 异步电动机以转速 n 旋转时,转子电流产生的旋转磁场相对于定子的转速为 n_1 , 其旋转方向与定子的旋转磁场方向 相同。
- 9 . 分析异步电机时,通过 频率归算 折算可将旋转的电机用等效电路来描述,其 中模拟电阻的作用是模拟电机 轴上输出机械 功率。
- 10 . 异步电动机转差率小,转子的铜耗 小。转子绕组中串入电阻,电机的 临界转差率 增大, 最大转矩 不变。
- 11 . 直流电机定子绕组中通入直流产生的气隙磁场,其分布一般为 平顶波 波,电 枢绕组中电流是 交变 的。
- 12 . 直流电机单叠绕组的第一节距 y_1 为 5,其合成节距为 1。极对数为 3 的 直流电机,绕组若为单波绕组,其支路数为 2。
- 13 . 若要改变并励直流电动机的转向,需同时改变 转向 以及 励磁绕组和电枢 绕组 的相对连接。
- 14 . 由于电机的 饱和 特性,电枢反应使直流电机的每极磁通 减小。电枢反应使直流电动机 前 极尖处气隙磁场增强。
- 15 . 直流电动机可以通过改变外施电压、调节励磁电流以及 电枢绕组串电阻 的方法来进行调速。

二、 简答题 (30 分 , 每题 10 分)

- 1 . 试作出异步电机的转矩转差曲线,标明各个运行状态、起动点和临界转差率。并说 明作为异步电动机运行时,电机能够稳定运行的范围,并就此给出简单解释。

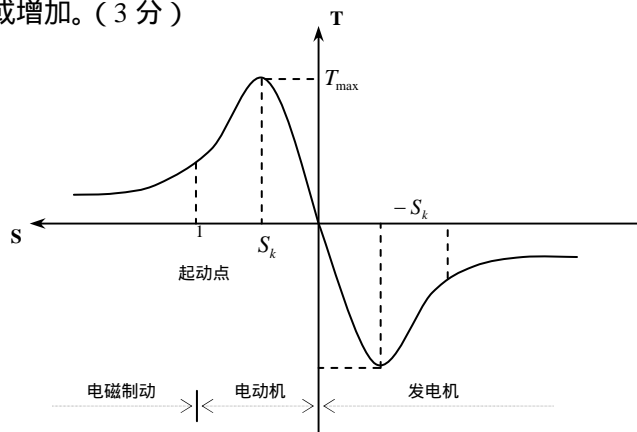
解答：

$0 < S < 1$ 电动机运行状态； $S > 1$ 电磁制动状态； $S < 0$ 发电机状态

临界转差率为 S_k （3分）

作为异步电动机运行时，当 $0 < S < S_k$ 稳定运行。理由如下：如果电机工作在 $0 < S < S_k$ 范围内的某一点，当电机受到某个干扰使转速增加或减小时，电机输出的电磁转矩总使电机的转速倾向于减小或增加。（3分）

（4分）



2. 凸极同步电机分析中运用到多种电抗的参数，请分别比较以下五组电抗的大小，并简单说明理由。

- （1） 不饱和同步电抗与饱和同步电抗；
- （2） 交轴同步电抗与直轴同步电抗；
- （3） 漏抗与保梯电抗；
- （4） 直轴瞬态电抗与超瞬态电抗；
- （5） 交轴瞬态电抗与超瞬态电抗。

解答：（每问2分）

（1） 不饱和同步电抗 > 饱和同步电抗，在空载 - 零功率因数曲线上可明显看出，由磁路饱和使得曲线下弯，饱和时同步电抗比不饱和时小。

（2） 交轴同步电抗 < 直轴同步电抗。因为交轴的气隙比直轴大，磁阻也大，同步电抗就比较大。

（3） 漏抗 < 保梯电抗。因为保梯电抗考虑了磁路饱和的影响。

（4） 直轴瞬态电抗 > 超瞬态电抗。因为在考虑有阻尼绕组时，电枢反应磁通被挤到阻尼绕组和励磁绕组之外的漏磁路中，而在无阻尼绕组时电枢反应磁通在励磁绕组外穿过，显然前者的磁阻大于后者。

（5） 交轴瞬态电抗 > 超瞬态电抗。因为在交轴阻尼绕组时，磁阻绕过交轴阻尼绕组，使得磁阻变大，则电抗减小。

3. 作出并励直流发电机磁化曲线和场阻线，分析发电机端电压建立过程。给出电压建起条件并简要说明。

解答：

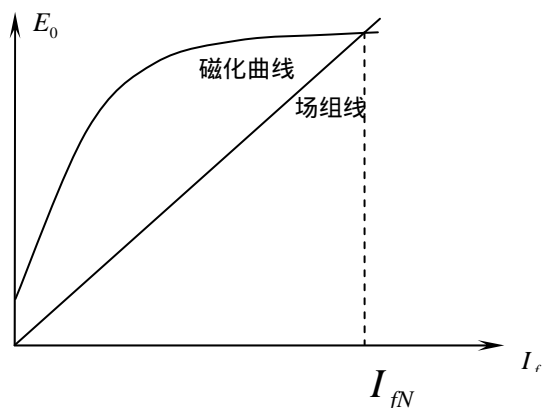
磁化曲线和场组线如图所示。

当电机旋转后，电机中的剩磁会在电机电枢绕组中感应出一较小电压，该电压是并励绕组中流过电流，该电流产生的磁场方向应与剩磁磁场方向相同，是电机磁场增加，这样在电枢绕组中感应出更大的电压，该电压又使励磁电流增加，如此，直至电枢回路与磁路回路电压平衡，处于图中磁化曲线和场组线相交点处。（5分）

电压建起满足的条件：（3分）

- （1）电机磁路有剩磁，磁化曲线有饱和现象
- （2）磁路绕组接线和电枢旋转方向应配合正确
- （3）励磁回路总电阻应小于发电机的临界电阻

（2分）



三、 计算题（40分）

1、 一台三相四极异步电动机，150kW，50Hz，380V，Y接法，额定负载时 $p_{cu2}=2.2\text{kW}$ ， $p_{mec}=2.6\text{kW}$ ，附加损耗 $p_{ad}=1.1\text{kW}$ ，等效电路参数： $r_1=r'_2=0.012\Omega$ ， $x_1=0.06\Omega$ ， $x'_2=0.065\Omega$ ，忽略励磁参数。试求

- （1）额定运行时的转速、转差率；（5分）
- （2）额定运行时的电磁功率和电磁转矩；（5分）
- （3）电源电压降低20%，最大转矩和临界转差率为多少？（5分）

解答：

（1）（5分）

$$P_M = P_2 + P_{mec} + P_{ad} + P_{cu2} = 150 + 2.2 + 2.6 + 1.0 = 155.9 \text{ (KW)}$$

$$P_i = P_2 + P_{mec} + P_{ad} = 150 + 2.6 + 1.1 = 153.6 \text{ (KW)}$$

$$P_i = (1 - S_N) \cdot P_M \Rightarrow S_N = 1 - P_i / P_M = 1 - 153.6 / 155.9 = 0.014$$

$$n_1 = 60f / P = 60 * 50 / 2 = 1500 \text{ (rpm)}$$

$$n_N = n_1(1 - S_N) = 1479 \text{ (rpm)}$$

$$(2) \quad P_M = 155.9 \quad T = P_M / (2\pi n_1 / 60) = 992.5 \text{ (N.m)} \quad (5 \text{ 分})$$

（3）（5分）

$$U_N = 380 / \sqrt{3} = 220 \text{ (V)}$$

$$U_1 = U_N * 0.8 = 176(V)$$

$$T_m = \frac{m_1 p_1}{w_1} \cdot \frac{U_1^2}{2 * [r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}]^2} = 2151.3(N.m)$$

$$S_k = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}} = 0.096$$

2、 一台汽轮发电机，额定功率因数为 0.8（滞后），同步电抗 $X_s^* = 0.8$ ，该机并联于大电网。试求：

- (1) 额定运行时的空载电势 E_0^* ；(5 分)
- (2) 如保持激磁不变，输出有功功率减半，求此时的电枢电流及功率因数；(5 分)
- (3) 如输出有功减半时，需保持功率因数不变，则应如何调节励磁电流。(5 分)

解答：

- (1) (5 分)

$$U_{N_s} = 1 \quad I_{N_s} = 0.8 - j0.6$$

$$E_{0_s} = U_{N_s} - jI_{N_s} \cdot x_{s_s} = 1.48 + j0.64 = 1.61 \angle 23.35^\circ$$

- (2) (5 分)

$$\text{励磁不变 则 } E_{0_s} = 1.61 \quad P_* = 0.4$$

$$P_* = \frac{E_{0_s} U_*}{x_{s_s}} \sin \delta \quad \delta = 11.46^\circ$$

$$\text{则 } E_{0_s} = 1.61 \angle 11.46^\circ = 1.578 + j0.32$$

$$I_* = \frac{E_{0_s} - U_*}{jx_{s_s}} = 0.4 - j0.72$$

$$\text{则 } \cos \theta = 0.49 \text{ (滞后)}$$

$$(3) P_* = 0.4 \quad Q_* = 0.3 \quad (5 \text{ 分})$$

$$\text{则 } I_* = 0.4 - j0.3$$

$$E_* = U_* + jI_* x_{s_s} = 1.781 \angle 14.54^\circ$$

$$\text{则 } I'_f = \frac{1.781}{1.61} I_f = 0.8 I_f$$

即励磁电流减少为原来的 80%

3、 并励电动机， $U_N = 220V$ ， $I_N = 20A$ ，电枢绕组总电阻 $r_a = 0.36\Omega$ ，电刷接触压降 $2\Delta U = 2V$ ，励磁回路电阻 $r_f = 100\Omega$ ， $P_{fe} + P_m + P_{ad} = 270W$ ，电枢反应去磁等效励磁电流 $\Delta I_f = 0.05A$ 。磁化曲线 $C_e \Phi = f(I_{f0})$ 如下表所示。试求：

- (1) 空载和满载转速，并求转速变化率；(5 分)
- (2) 额定输出转矩和电磁转矩，以及效率 η ；(5 分)

$I_{f0} \text{ (A)}$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

CeΦ	0.0838	0.166	0.234	0.285	0.318	0.343	0.36
-----	--------	-------	-------	-------	-------	-------	------

解答：

(1) (5分)

$$\text{空载时： } I_f = I_{f0} = \frac{U_N}{r_f} = 2.2A$$

$$\text{用插值法 } Ce\phi = 0.285 + (0.318 - 0.285) * \frac{2.2 - 2.0}{2.5 - 2.0} = 0.2982$$

$$n_0 = \frac{U}{Ce\phi} = 737.8 \text{转/分}$$

$$\text{满载时： } E_a = U - 2\Delta U - I_N r_a = 210.8 \text{ (V)}$$

$$I_{f0} = I_f - \Delta I_f = 2.15 \text{ (A)}$$

$$Ce\phi = 0.285 + (0.318 - 0.285) * \frac{2.15 - 2.0}{2.5 - 2.0} = 0.2949$$

$$\therefore n_N = \frac{E_a}{Ce\phi} = \frac{210.8}{0.2949} = 714.8 \text{转/分}$$

$$\text{转速变化率： } \frac{n_0 - n_N}{n_N} * 100\% = \frac{737.8 - 714.8}{714.8} * 100\% = 3.2\%$$

(2) (5分)

$$P_M = E_a I_a = 210.8 * 20 = 4216 \text{ (W)}$$

$$P_2 = P_M - (P_{Fe} + P_m + P_{ad}) = 3946W$$

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60} = 74.82 \text{ (rad/s)}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\Omega} = \frac{3946}{74.82} = 52.7 N.m \quad T_M = \frac{P_M}{\Omega} = \frac{4216}{74.82} = 56.35 N.m$$

$$P_{Cu} = I^2 r_a = 144W \quad P_{\Delta u} = 2\Delta UI = 144W \quad P_f = UI_f = 484W$$

$$P_1 = 4216 + 144 + 40 + 484 = 4884W$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\% = 80.79\%$$